

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **05241035 A**

(43) Date of publication of application: **21.09.93**

(51) Int. Cl

**G02B 6/12**  
**C03C 13/04**

(21) Application number: **04039927**

(71) Applicant: **HITACHI CABLE LTD**

(22) Date of filing: **27.02.92**

(72) Inventor: **IMOTO KATSUYUKI**

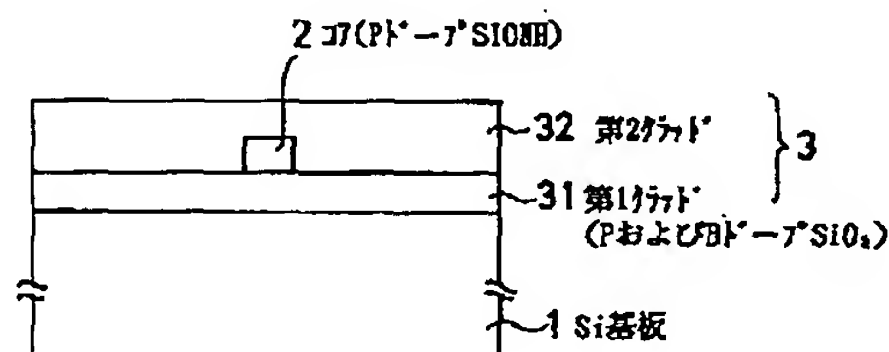
(54) **OPTICAL WAVEGUIDE AND PRODUCTION THEREOF**

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(57) Abstract:

PURPOSE: To inexpensively produce the optical waveguide which has a large difference in the refractive index between a core and a clad and is low in warpage and small in loss.

CONSTITUTION: An Si substrate 1 has the projecting core 2 of SiONH which is coated with a clad 3 and is formed by a plasma CVD method. Additives for controlling a refractive index, such as P and Ge, are incorporated at a slight ratio of 210mol% in the core 2. The refractive index itself of the core is dominantly determined by the SiONH which is an essential component. The additives for controlling the refractive index, such as P and Ge, act as the additives for controlling physical characteristics, such as coefft. of thermal expansion of the clad and the substrate or softening temp., and for decreasing the content of H. As a result, the higher refractive index of the core is obtd. and the matching of the coefft. of thermal expansion of the clad and the substrate is possible.



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-241035

(43)公開日 平成5年(1993)9月21日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 B 6/12

C 0 3 C 13/04

識別記号

N 7036-2K

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全 13 頁)

(21)出願番号

特願平4-39927

(22)出願日

平成4年(1992)2月27日

(71)出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72)発明者 井本 克之

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線

株式会社アドバンスリサーチセンタ内

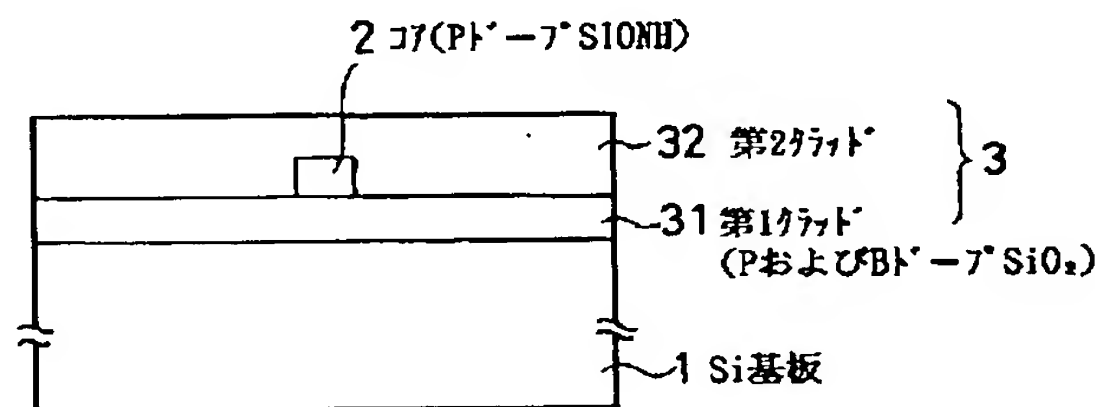
(74)代理人 弁理士 松本 孝

(54)【発明の名称】 光導波路およびその製造方法

(57)【要約】

【目的】 コアとクラッドの屈折率差が大きく、反りの小さい低損失な光導波路を安価に製造する。

【構成】 Si基板1上にクラッド3に覆われ、プラズマCVD法によって作成されたSiONHの凸状コア2を持つ。このコア2にはP、Geなどの屈折率制御用添加物が10モル%以下の僅かな量で含まれている。コアの屈折率自身は主成分であるSiONHによって支配的に決まり、P、Geなどの屈折率制御用添加物は、クラッド、基板との熱膨張係数、あるいは軟化温度等の物理的特性の調節用として、またHの含有量の低減用として作用する。これにより、コアの屈折率が大きくとれ、しかもクラッド、基板との熱膨張係数の整合を行わせることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】屈折率が  $n_w$  の凸状のコアの外周を屈折率  $n_{cp}$  ( $n_{cp} < n_w$ ) のクラッドで覆った光導波路において、上記コアの材質に P、あるいは Ge などの屈折率制御用添加物を含有した  $SiO_xNyHz$  ( $x, y > 0, z \geq 0$  の実数) を用いたことを特徴とする光導波路。

【請求項 2】請求項 1 に記載の光導波路において、屈折率制御用添加物の量は 10 モル% 以下であることを特徴とする光導波路。

【請求項 3】請求項 1 または 2 に記載の光導波路において、クラッドは少なくとも凸状のコアをその上に形成する第 1 の層と、凸状のコアの表面を覆う第 2 の層とからなり、これら 2 つの層は材質または屈折率が異なっていることを特徴とする光導波路。

【請求項 4】請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の光導波路は、Si 基板上に形成されていることを特徴とする光導波路。

【請求項 5】請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の光導波路は、石英ガラス、ホウケイ酸ガラスなどのガラス基板上に形成されていることを特徴とする光導波路。

【請求項 6】請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の光導波路において、屈折率制御用添加物を含有した  $SiO_xNyHz$  のコアはプラズマ CVD 法により成形されたものであることを特徴とする光導波路。

【請求項 7】屈折率が  $n_w$  よりも低い値をもつ基板上、あるいは基板上に形成されたクラッド層上に、 $SiH_4$  あるいは  $Si(OC_2H_5)_4$  と、屈折率制御用添加物を含んだガスと、 $N_2O$  と、必要に応じて  $N_2$  とを用いて屈折率が  $n_w$  の屈折率制御用添加物を含んだ  $SiO_xNyHz$  膜を CVD 法により形成する工程と、このコア膜をフォトリソグラフィ及びドライエッチングにより凸状パターンに加工する工程と、加工した凸状パターン表面上に屈折率  $n_w$  よりも低いクラッド膜を被覆する工程とからなる光導波路の製造方法。

【請求項 8】請求項 7 に記載の光導波路の製造方法において、クラッド膜を被覆した後に、不活性ガスあるいは還元性雰囲気中でコアおよびクラッド膜の軟化温度よりも低い温度で熱処理する工程を付加したことを特徴とする光導波路の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明はコアとクラッドとの屈折率差の大きい光導波路及びその製造方法に係り、特に光導波路のコアを、屈折率制御用添加物を含有させた SiONH 系で構成したものに関する。

## 【0002】

【従来の技術】光ファイバ通信の進展にともない、光デバイスには①大量生産性、②高信頼性、③結合の無調整化、④自動組立、⑤低損失化等が要求されるようになり、これらの課題も解決するために導波路型の光デバイ

スが注目されるようになってきた。

【0003】光導波路の中で、特に石英系ガラス光導波路は、低損失で、光ファイバとの接続損失も非常に小さいため、将来の光導波路として有望視されている。従来、石英系ガラス光導波路の製造方法として、図 11 に示す火炎堆積法が知られている。これは、(A) シリコン基板 21 上へ石英ガラスからなるバッファ用多孔質膜 24a 及びその膜上に屈折率制御用添加物 (Ti あるいは Ge 等) を含んだ石英ガラスからなるコア用多孔質膜 22a を形成し、(B) それらの加熱透明化によりバッファ層 24 及びコア層 22b をもつ平面光導波路膜を形成する。(C) 及び (D) マスク 25 を用いたドライエッチングプロセスによるパターン化によって凸状ないし矩形状のコア層 22 を有する 3 次元光導波路を形成する。(E) この 3 次元光導波路上に石英ガラスからなるクラッド用多孔質膜 23a を形成し、(F) その加熱透明化によりクラッド層 23 を形成することによって実現されている(宮下：光導波路技術、1. 最近の光導波路技術、0 plus E No. 78 pp. 59-67)。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した図 11 の石英系ガラス光導波路の製造方法には次のような問題点があった。

【0005】(1) コアとクラッドとの屈折率差の大きいガラス導波路を製造するために屈折率制御用添加物を含んだ屈折率の高いコアガラス膜をバッファ層の上に形成すると、基板全体が熱膨張係数の違いによって反りを生じ、その反り量が  $10 \mu m$  をはるかに超える大きな値となるので、高寸法精度の光回路をパターンニングすることがむずかしい。この点で屈折率差を大きくするには限界があった。

【0006】(2) また、上記 (1) の理由以外に、コアとクラッドとの屈折率差に限界があることがわかった。すなわち、屈折率の高いコア用多孔質膜を堆積させても、図 11 (B) の焼結プロセスで屈折率制御用添加物が揮散してしまい、屈折率の高いコア層を実現することがむずかしく、最大でも 1.47 を超えることはなかった。そのため、比屈折率差はたかだか 1% 程度が限界であった。

【0007】(3) 屈折率制御用添加物を多く含んだコア層を図 11 (D) に示すように、ドライエッチングプロセスによりパターンニングすると、コア層を構成する  $SiO_2$  と上記添加物とのエッチング速度の違いによってエッチング側面が凹凸状に荒れ、それが原因で散乱損失を増大させる。

【0008】(4) 透明で緻密な膜を形成するために、焼結プロセスが 2 回 (図 11 (B) 及び (F)) もあり、そのため製造時間がかかり、電気代、ガス代、水道代などのユーティリティコストもかかるため、低コスト化がむずかしい。

【0009】(5) 図11(A)及び(E)の多孔質膜形成プロセスでは膜中にOH基が混入し、これによる吸収損失によって光導波路の損失が増える。

【0010】(6) 図12に示すように、屈折率1.46以上の高いコア膜を形成させようとする、Ti、Ge、Al、Pなどの屈折率制御用添加物を10モル%以上も添加させなければならない(A)。しかし、それにつれて熱膨張係数が大きく変化してくる(B)。そのため、コア膜形成時に基板が反りを生じ、(1)に述べたような問題点につながる。

【0011】本発明の目的は、最適なコア材質を見出すことによって、前記した従来技術の欠点を解消し、コアとクラッドとの屈折率差を大きくしても反りが小さく、高寸法精度の光導波路型回路を超小型、低コストで実現でき、かつOH基の混入量が極めて少ない低損失の光導波路及びその製造方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の光導波路は、屈折率が $n_w$ の凸状のコアの外周を屈折率が $n_{cp}$  ( $n_{cp} < n_w$ )のクラッドで覆った光導波路において、コアの材質にGe、P、あるいはAl、Tiなどの屈折率制御用添加物を含有した $SiO_xNyH_z$ を用いるようにしたものである。コアの外周をクラッドで覆うことは、コアの全部が覆われる他に一部が覆われる場合も含まれる。コアの屈折率の大部分をNの含有量で制御し、Ge、Pなどの屈折率制御用添加物の含有量は10モル%以下のわずかに抑えてある。その結果、クラッドや基板に対してコアの熱膨張係数、軟化温度等の物理的特性を大幅に変化させることなく光導波路を実現することができる。また、コア材となる $SiO_xNyH_z$ にわずかにGe、Pなどの屈折率制御用添加物を含有させることにより、クラッド層、基板の材質および屈折率を自由に選ぶことができる。

【0013】また、上記光導波路の製造方法は、屈折率が $n_w$ よりも低い値をもつ基板上に直接、あるいは基板上に形成されたクラッド層上に、 $SiH_4$  (あるいは $Si(OC_2H_5)_4$ )と、屈折率制御用添加物を含んだガス(例えば $GeH_4$ )と、 $N_2O$ と、必要に応じて $N_2$ とを用いて気相化学蒸着法(CVD法)により屈折率が $n_w$ のコア用の屈折率制御用添加物を含んだ $SiO_xNyH_z$ 膜を数 $\mu m$ から10数 $\mu m$ 形成させる工程と、このコア膜をフォトリソグラフィおよびドライエッチングにより凸状パターンに加工する工程と、加工した凸状パターン表面上に屈折率 $n_w$ よりも低いクラッド膜を被覆する工程とから構成したものである。

【0014】この場合において、より透明で、緻密なコアにするために、クラッド膜を被覆した後に、不活性ガスあるいは還元性雰囲気中でコアおよびクラッド膜の軟化温度よりも低い温度で熱処理する工程を付加することが好ましい。

【0015】

【作用】本発明の光導波路は、コアに $SiO_xNyH_z$ を主成分として用いるので、高屈折率比はNの含有量によって容易に制御することができる。この $SiO_xNyH_z$ にP、Geなど従来から用いている屈折率制御用添加物を10モル%以下にして含有させるのは、主にクラッド、基板との熱膨張係数の整合を行わせるためである。すなわち、基板としてSi、あるいはホウケイ酸ガラス、さらには $SiO_2$ にB、P、F、Geなどの添加物を含有したガラスなどを用いた場合には、それらの熱膨張係数は $SiO_2$ よりも大きくなる。そのために、クラッド、コアの熱膨張係数もそれに近づける必要がある。

【0016】 $SiO_xNyH_z$ 膜は $SiO_2$ に近い熱膨張係数を有しているため、上述のようにP、Geなどの添加物を微量に含有させて基板に近づけるようにしたものである。そうすると熱膨張係数の違いがほとんどなくなるので、反りが小さく、高寸法精度の光回路をパターンニングすることが容易となる。また、反りが小さいから偏波依存性の極めて少ない導波路型光回路を実現することができる。さらに $SiO_xNyH_z$ 膜はNの含有量を調節することによって1.458から1.60近くまでコアの屈折率を制御することができるので、従来から用いられているGe、Pなどの屈折率制御用添加物は、コアの屈折率制御用としてではなく、上述したように熱膨張係数の調節用として僅かな量だけ用いれば足りる。

【0017】しかも本発明の光導波路の製造方法はプラズマCVD法によって透明で緻密なコア膜を形成することができるので、従来のような焼結プロセスを必要とせず、高屈折率値をそのまま保持することができる。また従来用いていたGe、Pなどの屈折率制御用添加物は従来に比し、極めて微量にしか用いないので、ドライエッチングプロセスによりパターンニングしても、 $SiO_2$ と上記添加物とのエッチング速度の違いによるエッチング側面の凹凸状の荒れが小さくなり、それに起因する散乱損失の増大も抑えられる。さらに、比屈折率差を従来よりも倍以上(最大8%程度)に大きくとれることから、各種導波路型光回路(例えばマッハツェンダ型光フィルタ)を1桁以下の小さい面積に小型化できる。その結果、光回路損失も大幅に小さくなり、一枚のウェハ基板から大量に光回路を作ることができるために大幅な低コスト化を期待できる。

【0018】また基板として、安価なホウケイ酸ガラス(例えば、コーニングガラス社の7059ガラス、7740ガラス)、鉛ガラス、Siなどを用いることができるので、光回路の低コスト化をさらに期待することができる。さらに焼結プロセスが不要となることから、製造時間が短縮され、ユーティリティコスト(電気、ガス、水道使用料など)も低減でき、低コスト化を図ることができる。



【0019】なお、本発明で用いるGe、Pなどを含有した $\text{SiO}_x\text{NyHz}$ 膜は、プラズマCVD法で作ると好適な膜を得ることができる。すなわち、プラズマ雰囲気中に基板を100～350℃に範囲に加熱しておき、このプラズマ雰囲気中に、例えば、 $\text{SiH}_4$ 、Ge $\text{H}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 及び $\text{N}_2$ ガスを送り込んで成膜する。得られる膜は $\text{SiO}_2$ 以外にNとHが含まれていることが重要であり、既述したようにNの含有量を調節することにより屈折率を制御することができる。つまり、Nの含有量が多い程、屈折率は高くすることができる。

【0020】成膜した膜は $\text{SiO}_x\text{NyHz}$ であり、y、zの増大につれてxは減少する。屈折率が低い程、xは2に近づき、yが減少する。逆に屈折率が高い程yが増え、xは2よりも小さくなる。Hは低温プラズマCVD法で成膜しているため含有され、屈折率が高い程減少し、逆に屈折率が低い程増大するが、その含有量は0.001重量%から数重量%の範囲である。またこのHの含有量は、低温プラズマ雰囲気中で成膜する程多く入り、高温になる程減少する。それゆえに、NとHの含有量を調節することにより、屈折率を制御することができる。従って、本発明の高屈折率差、低偏波依存、低損失、超小型、超低コスト光導波路を実現するのに好適なGe、Pなどの屈折率制御用添加物を含んだコアの屈折率範囲は1.46から1.61の範囲である。なお、コアの屈折率が1.46以下ではクラッドの屈折率と同じ程度の値であり、これでは導波路構造にならないので使用できない。また、1.61を超えるとNが入り過ぎて $\text{Si}_x\text{Ny}$ に近い物性となるので好ましくない。

#### 【0021】

【実施例】図7に本発明の実施例に使用されるプラズマCVD装置の概略図を示す。これは、屈折率が $n_w$ よりも低い値をもつ基板上、あるいは基板上に形成されたクラッド層上に、プラズマCVD法によってPを含有した $\text{SiO}_x\text{NyHz}$ の膜を形成する装置である。プラズマCVD装置5内には上部と下部に2つの平行平板電極となるシャワ電極6と下部電極7が設置され、これらの電極6、7間に高周波電源12から高周波電圧が印加されている。そしてこの装置5内は排気装置14によって真空中に排気される。

【0022】下部電極7上に基板1が配置され、その電極7下にはヒータ10に電圧11を印加することによって数百℃に加熱されている。上部シャワ電極6は図左に示す矢印91方向から送られてきたガス( $\text{SiH}_4$ 、 $\text{PH}_3$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、及び必要に応じて $\text{N}_2$ を導入してもよい。)を平行平板電極間に一様に噴出するために、内部が中空で電極対向面に多数の孔の開いたシャワ構造となっている。またこのシャワ電極6は絶縁体13によってプラズマCVD装置5と絶縁されている。このような装置構成で、Pを含有した $\text{SiO}_x\text{NyHz}$ 膜は減圧状態の中で成膜される。なお、図7において、上部シャワ電

極6と下部電極7とは反対に取り付けられ、下方から上方へガスを吹き付けて成膜するようにしてもよい。

【0023】ここで、既述した高屈折率を実現するための成膜条件の具体例について述べる。図8は $\text{N}_2\text{O}/\text{SiH}_4$ 比と屈折率(波長0.63 $\mu\text{m}$ での値)との関係を示したものである。同図において、○印はPを含有させない場合、×印はPを4モル%含有させた場合、●印はPを8モル%含有させた場合の屈折率特性をそれぞれ示したものである。Pを含有させない場合で屈折率は

1.46～1.68というように、広い範囲にわたって変えられ、比屈折率差 $\Delta$ を8%程度まで大きくとることができることを示している。ただし、上記屈折率で1.61を超えると主材料である $\text{SiO}_x\text{NyHz}$ が、 $\text{Si}_x\text{Ny}$ に近い物性となるので、本発明の光導波路用としては好ましくない。また、Pをわずかに含有させることによって屈折率はわずかに高くなっていないが、これは屈折率自身は $\text{SiO}_x\text{NyHz}$ によって支配的に決まることを意味している。すなわち、Pは熱膨張係数、軟化温度等の物理的特性の調節用として、またHの含有量の低減用として作用する。

【0024】図9はPの代わりにGeを含有させた場合の屈折率特性を示したものである。Geの場合もPと同様にわずかに含有させることによって屈折率をわずかに高くすることができる。このGeも熱膨張係数、軟化温度等の調節用の他に、Hの含有量を低減させる効果をもっており、結果的に低損失化を期待できる。またP、Geを含有させておくと、コア内に例えばエルビウムなどの希土類元素を添加して励起光で励起することによりレーザ、増幅器、センサを実現する場合に励起効率を向上させることができるという効果が期待できる。

【0025】図1から図6に本実施例による種々の光導波路の断面図を示す。図1はクラッド3の屈折率を異ならせた光導波路構造である。即ち、基板1にSiを用い、その上に屈折率が $n_{cp1}$ の第1クラッド31を形成し、その上に屈折率が $n_w$  ( $n_w > n_{cp1}$ )の凸状のコア2を形成し、コア2の表面を屈折率が $n_{cp2}$  ( $n_{cp2} < n_w$ )の第2クラッド32で被覆した構造である。コア2にはP(あるいはGe)を含有した $\text{SiO}_x\text{NyHz}$ を用い、第1及び第2クラッド31及び32にはSi

基板1とコア2との熱膨張係数の整合と屈折率の調節( $n_{cp1}$ 、 $n_{cp2} < n_w$ )、さらには軟化温度の低減によるコア2及び基板1との密着性を良くするためにP及びBを含有した $\text{SiO}_2$ (あるいはP又はBのいずれかを含有した $\text{SiO}_2$ )を用いてある。第1クラッド31の膜厚は5 $\mu\text{m}$ ～数十 $\mu\text{m}$ の範囲から選ぶが、厚い方が低損失化の上で好ましい。第2クラッド32の膜厚も数 $\mu\text{m}$ ～数十 $\mu\text{m}$ の範囲から選ぶが、これも低損失化のためには厚い方が好ましい。コア2の厚みと幅はシングルモード伝送用の場合には数 $\mu\text{m}$ から10数 $\mu\text{m}$ の範囲、マルチモード伝送用の場合には10数 $\mu\text{m}$ から数十 $\mu\text{m}$

の範囲から選ばれる。

【0026】図2は基板1にホウケイ酸ガラスを用い、低コスト化をねらった光導波路構造である。図3は基板はSi基板であるが、第1クラッド31と第2クラッド32との屈折率のみならず材質も異ならせた光導波路構造である。すなわち、第1クラッド31に無添加のSiO<sub>2</sub>を用い、第2クラッド32にP及びBを含有したSiO<sub>2</sub>（あるいはP又はBのいずれかを含有したSiO<sub>2</sub>）を用いたものである。図4は基板1に石英系ガラス（例えば、B、F、Pなどの屈折率制御用添加物を少なくとも1種含んだSiO<sub>2</sub>）を用いた光導波路構造であり、熱膨張係数を調節するためにクラッド31及び32にも屈折率制御用添加物を少なくとも1種、例えばBを含んだSiO<sub>2</sub>膜が用いられる。

【0027】図5は基板1にホウケイ酸ガラスを用いて低コスト化を図り、第1クラッド31及びコア2には熱膨張係数調節用の屈折率用添加物であるB、Pがそれぞれ含有されている。第2クラッド32に無添加のSiO<sub>2</sub>を用いたのは、凸状のコア2のパターンを形成後に第2クラッド32を低温でCVD法で成膜するので、第2クラッド32を成膜する際の反りがパターン加工上、特に問題にならないからである。図6は基板1に石英系ガラスを用い、クラッド3の膜厚を薄くしたクラッド単層構造のリッジ型光導波路構造の実施例を示したものである。このクラッド3の材質には屈折率制御用添加物を少なくとも1種含んだSiO<sub>2</sub>を用いてもよいが、SiO<sub>2</sub>のみでもよい。すなわち、凸状のコア2のパターンを加工後に低温CVD法によってクラッド3を被覆するので、この被覆の際に発生する反りは小さく、かつ発生してもそれ程問題にならない位の値であるためである。

【0028】なお、基板の反り量であるが、図3の直径3インチのSi基板1上の第1クラッド31表面へ、図8及び図9のP及びGe含有のSiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>H<sub>z</sub>膜を8μm形成させて反り量を測定した結果、その反り量は5μm以下であった。ちなみに従来の比屈折率差Δの上限は1%以下であるが（図8参照）、Δが0.34%の場合の従来の反り量は10数μmから40数μmの範囲であり、Δをそれよりも大きくすると、さらに反り量が増大する傾向にあった。このように、SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>H<sub>z</sub>にP、Geなどを少なくとも1種含有させ、その含有量を調節することによって反りが少なく、高比屈折率差の光導波路を実現することができる。

【0029】図10に本発明の光導波路の製造方法の実施例を示す。まず基板11上への第1クラッド膜131形成を行う（A）。この第1クラッド膜131の形成は、図7で例示したプラズマCVD法の他に、減圧CVD法、常圧CVD法、スパッタリング法などによって行うことができる。次に、この第1クラッド膜131上へ、図7のプラズマCVD法によってコア膜12aを成膜する（B）。その後、このコア膜12a上にスパッタ

リング法によりマスク用のメタル膜（例えばWSi）14を形成した後、このメタル膜をフォトリソグラフィ及びドライエッチングプロセスによりパターンニングする（C）。

【0030】そして、このメタルマスクをマスクにしてフォトリソグラフィ及びドライエッチングプロセスにより、コア膜12aを凸状にパターンニングする（D）。その後、上部のメタル膜をドライエッチングにより取り除く（E）。次に第2クラッド膜132をプラズマCVD法によって形成し、凸状パターンをしたコア12の表面を被覆する（F）。その後プロセスとして2通りの方法がある。一つは（G）を飛ばして（H）に進み、基板の面端面を切断、研磨し、光導波路素子16とする方法であり、もう一つは（G）に示すようにコア及びクラッドの軟化温度よりも低い温度（800～1200℃）で不活性ガス雰囲気あるいは還元性雰囲気中で熱処理を行った後に切断、研磨する方法である。

【0031】なお、上記プロセスで第2クラッド膜132は、プラズマCVD法で、ある程度の膜厚を形成した後に他の成膜方法（常圧あるいは減圧CVD法、火炎堆積法、スパックリング法など）でガラス膜を付加するように成膜してもよい。

【0032】またコア側面のエッチング荒れについて従来のGeを13モル%含有したSiO<sub>2</sub>ガラスと、本実施例のGeを2モル%含有したSiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>H<sub>z</sub>ガラスとを比較した結果、従来のものはエッチング側面荒れは300～400Å程度の大きな凹凸であったのに対し、本実施例の場合には200Å以下の凹凸であった。これから本発明の方が散乱損失の低い光導波路を実現できることがわかった。

【0033】本発明は上記実施例に限定されない。まずコア膜形成用ガスには金属アルコキシドの蒸気（たとえばSi(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>、Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>、Ge(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>、B(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>、等）を用いてもよい。また上記金属アルコキシドの蒸気と水素化物のガスを混合して用いてもよい。さらにN<sub>2</sub>Oの代わりにNH<sub>3</sub>を用いてもよい。

【0034】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば次のような効果を発揮する。

【0035】（1）請求項1に記載の光導波路によれば、コアの主成分として屈折率を広範囲にかつ高い値に設定できるSiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>H<sub>z</sub>を用い、クラッドや基板との熱膨張係数の調節用にGeやPなどを含有させるようにしたので、種々の基板に対して、高屈折率差、低偏波依存性、低損失、超小型化光導波路を実現することができる。

【0036】（2）請求項2に記載の光導波路によれば、熱膨張係数の調節用として用いるGe、Pなどの含有量は10モル%以下と微量であるので、コアの凸状パ

ターンにエッチングする際のエッチング荒れを最小限に抑えることができる。

【0037】(3)請求項3に記載の光導波路によれば、クラッドの材質も熱膨張係数、屈折率、軟化温度などについて最適化することができるので、基板の反りが少なく、コア及び基板との密着性を良くすることが可能となり、低損失化を実現することができる。

【0038】(4)請求項4及び5に記載の光導波路によれば、低コストな基板の使用が可能となり、一層の低コスト化を実現することができる。また、使用目的、用途に応じて基板を選択することができるので、より汎用的な光導波回路を実現することができる。

【0039】(5)請求項6及び7に記載の光導波路によれば、コアをプラズマCVD法で形成するので、直接透明で緻密な膜を形成することができ、コア形成時の焼結プロセスが不要となり、安価に製造することができる。また、多孔質膜形成プロセスがないのでOH基の混入を極めて少なくすることができる。さらに、Nの含有量を調節することにより、容易にコアの屈折率を広範囲に変えることができ、種々の導波路型光回路を実現することができる。

【0040】(6)請求項8に記載の光導波路によれば、熱処理によってより透明で、緻密なコアにすることができ、結果的に低損失な光導波回路を実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例による基板にSiを使用しクラッドの屈折率が異なる光導波路断面図。

【図2】本発明の実施例による基板にホウケイ酸ガラス

を使用した光導波路断面図。

【図3】本発明の実施例による基板にSiを使用しクラッドの屈折率及び材質が異なる光導波路断面図。

【図4】本発明の実施例による基板に石英系ガラスを使用した光導波路断面図。

【図5】本発明の実施例による基板にホウケイ酸ガラスを使用し、クラッドの屈折率及び材質が異なる光導波路断面図。

【図6】本発明の実施例による基板に石英系ガラスを使用したリッジ形光導波路断面図。

【図7】本発明のコア膜形成のためのプラズマCVD装置の実施例を示す概略図。

【図8】本発明の実施例によるPドーパのコア膜の屈折率特性図。

【図9】本発明の実施例によるGeドーパのコア膜の屈折率特性図。

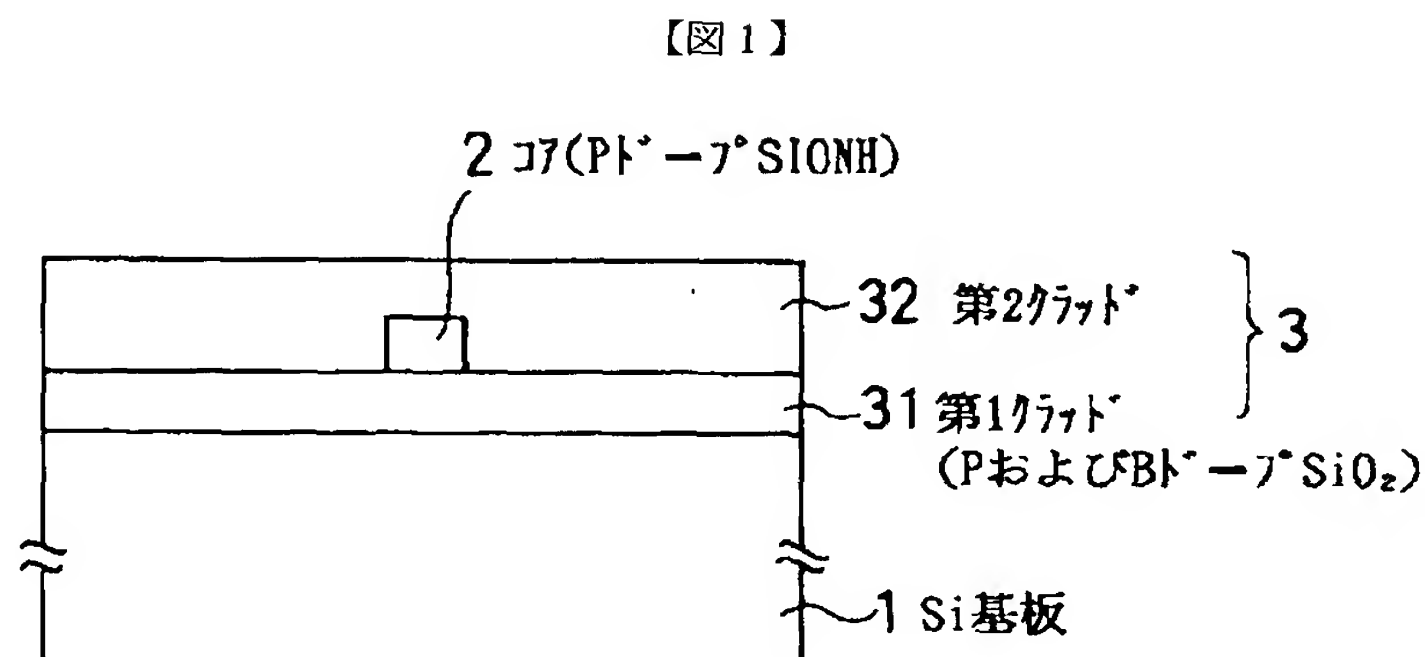
【図10】本発明の実施例による光導波路の製造方法を示す概略工程図。

【図11】従来の光導波路の製造方法を示す概略工程図。

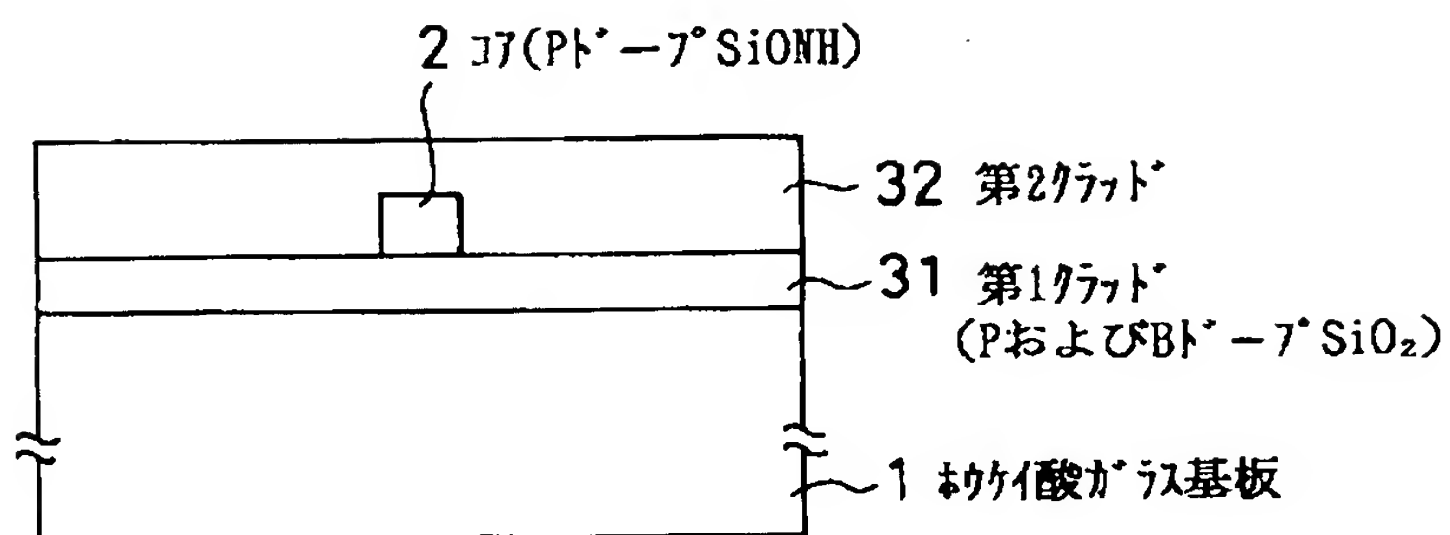
【図12】従来の各種屈折率制御用添加物を含有したSiO<sub>2</sub>の屈折率特性図及び熱膨張係数特性図。

#### 【符号の説明】

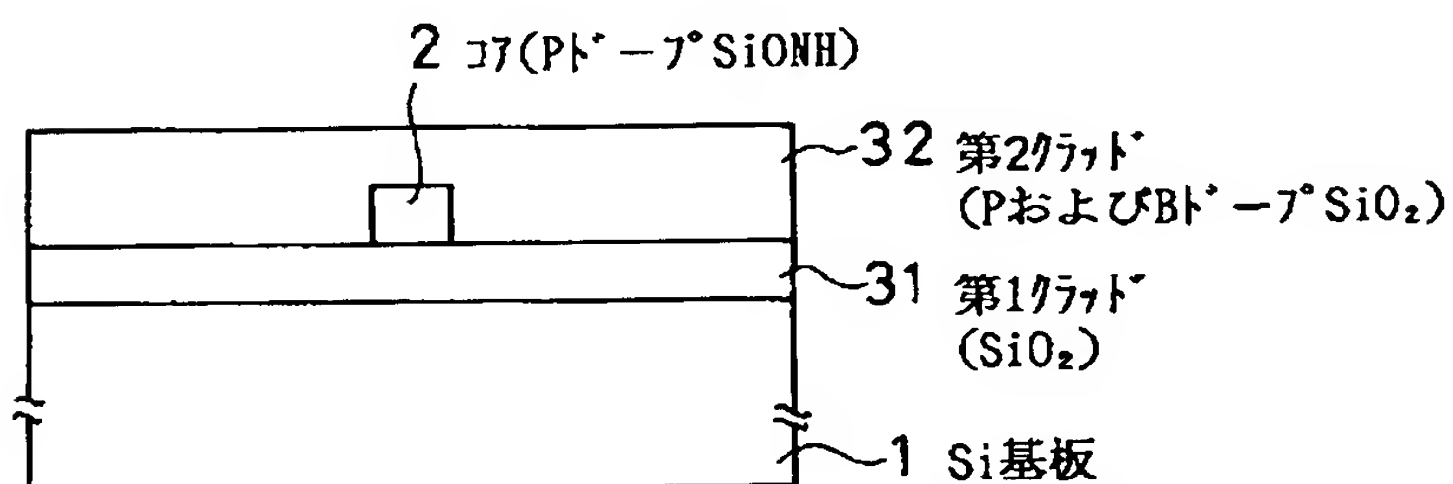
- 1 Si基板
- 2 コア
- 3 クラッド
- 31 第1クラッド
- 32 第2クラッド



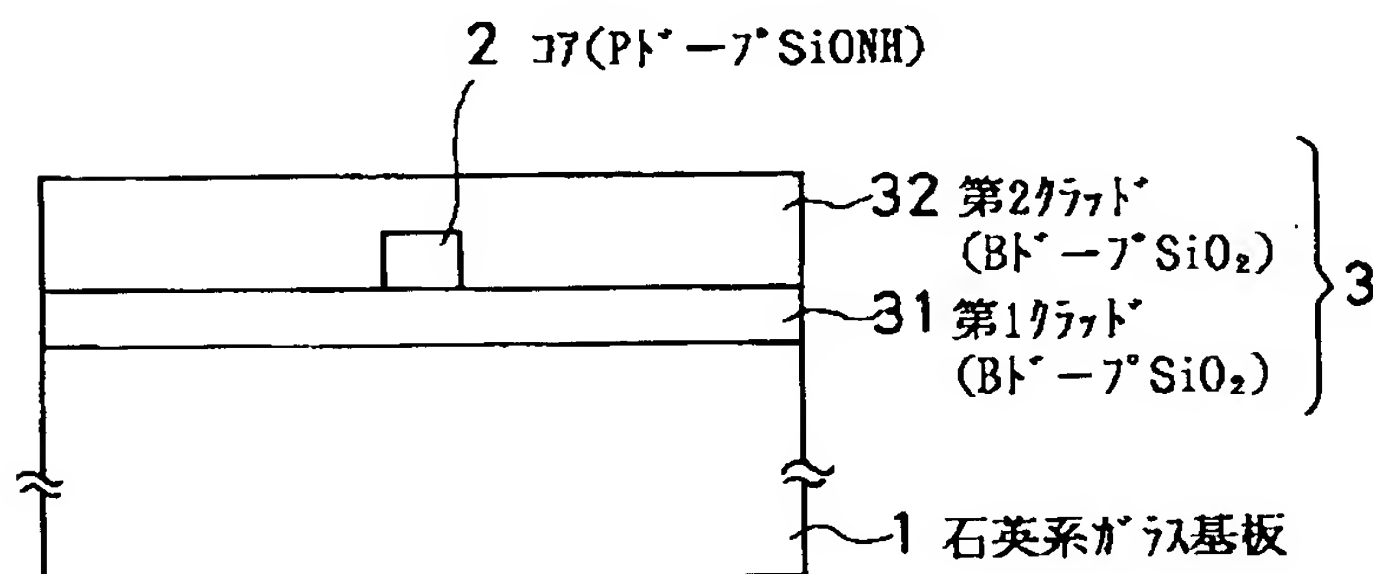
【図2】



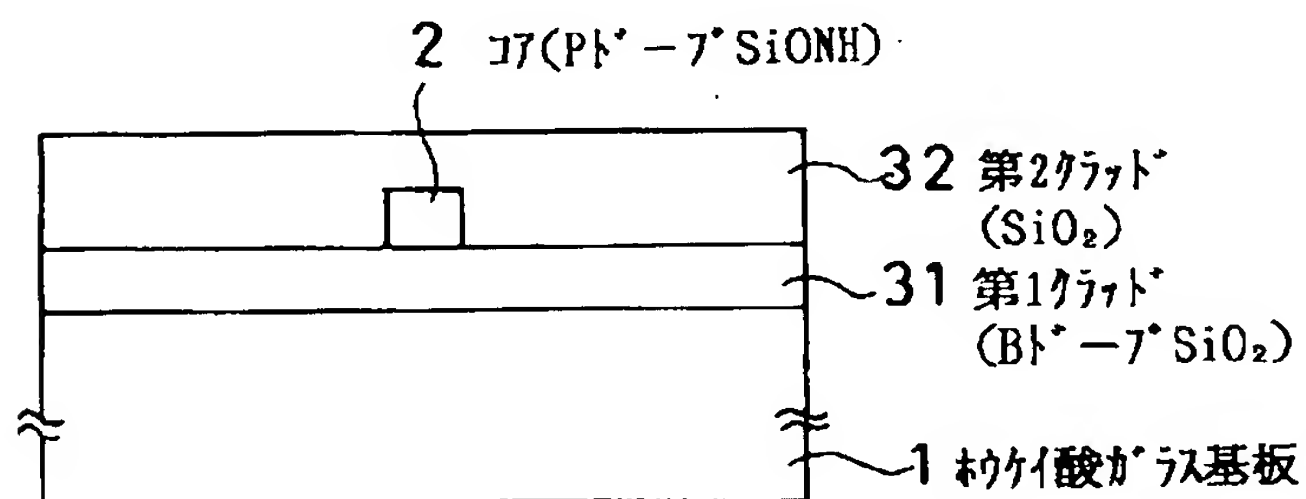
【図3】



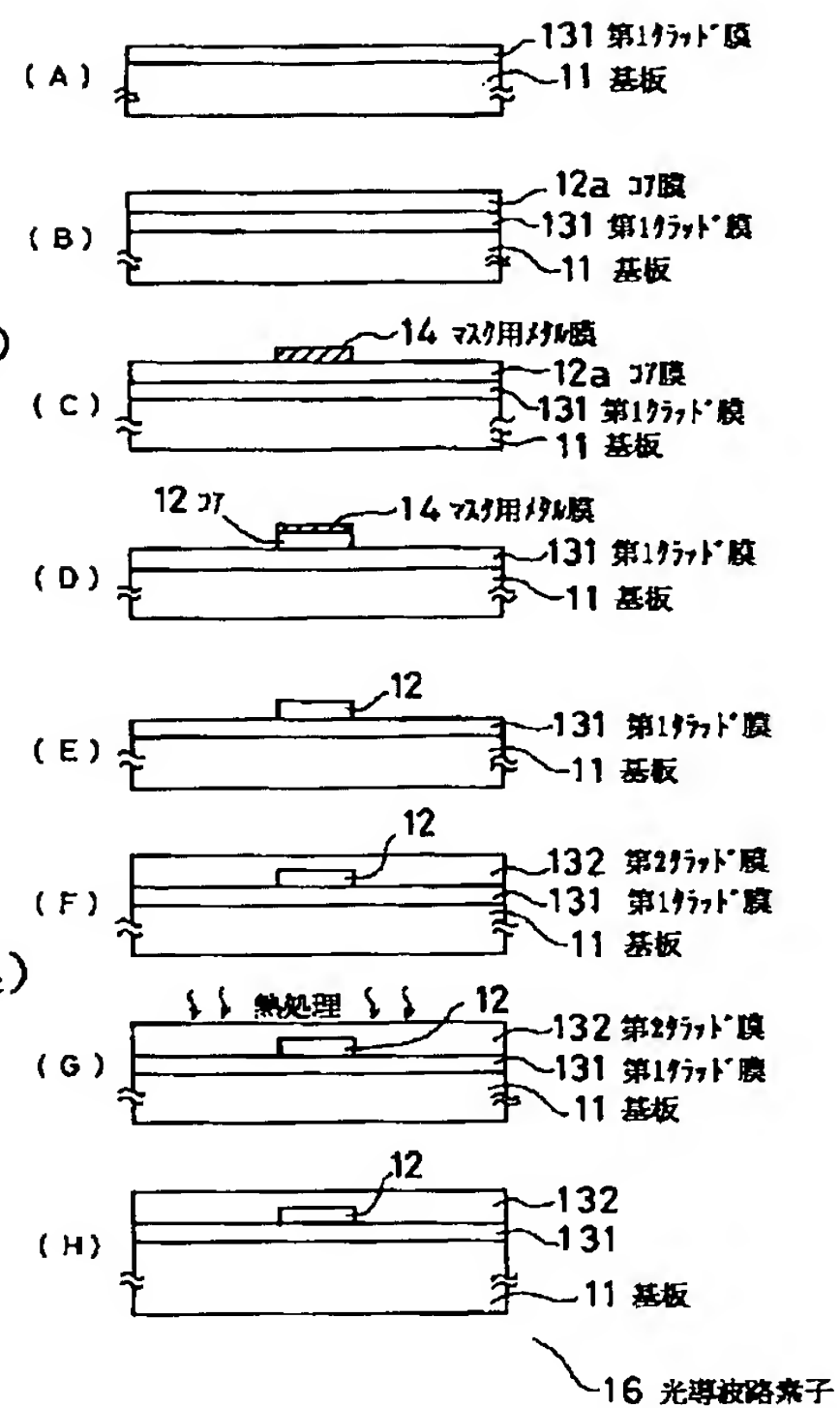
【図4】



【図5】

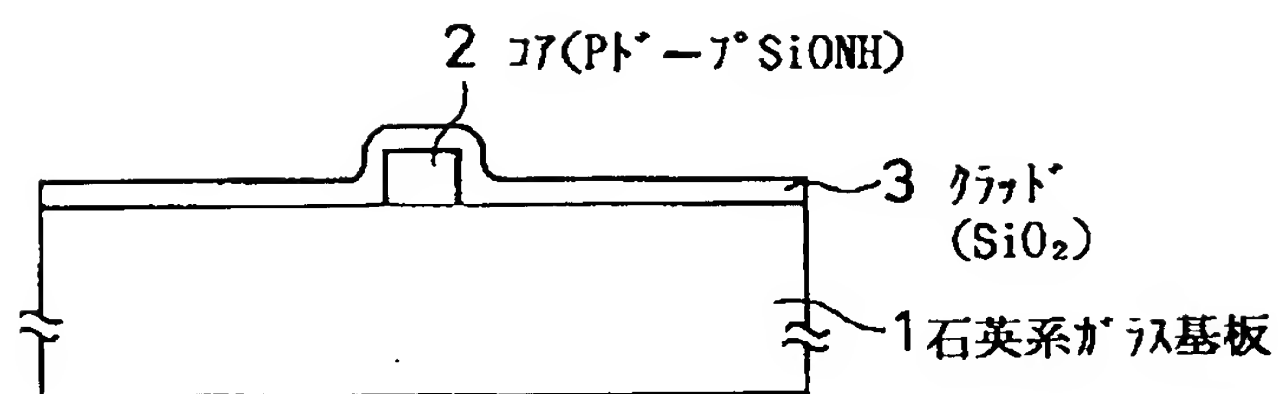


【図10】

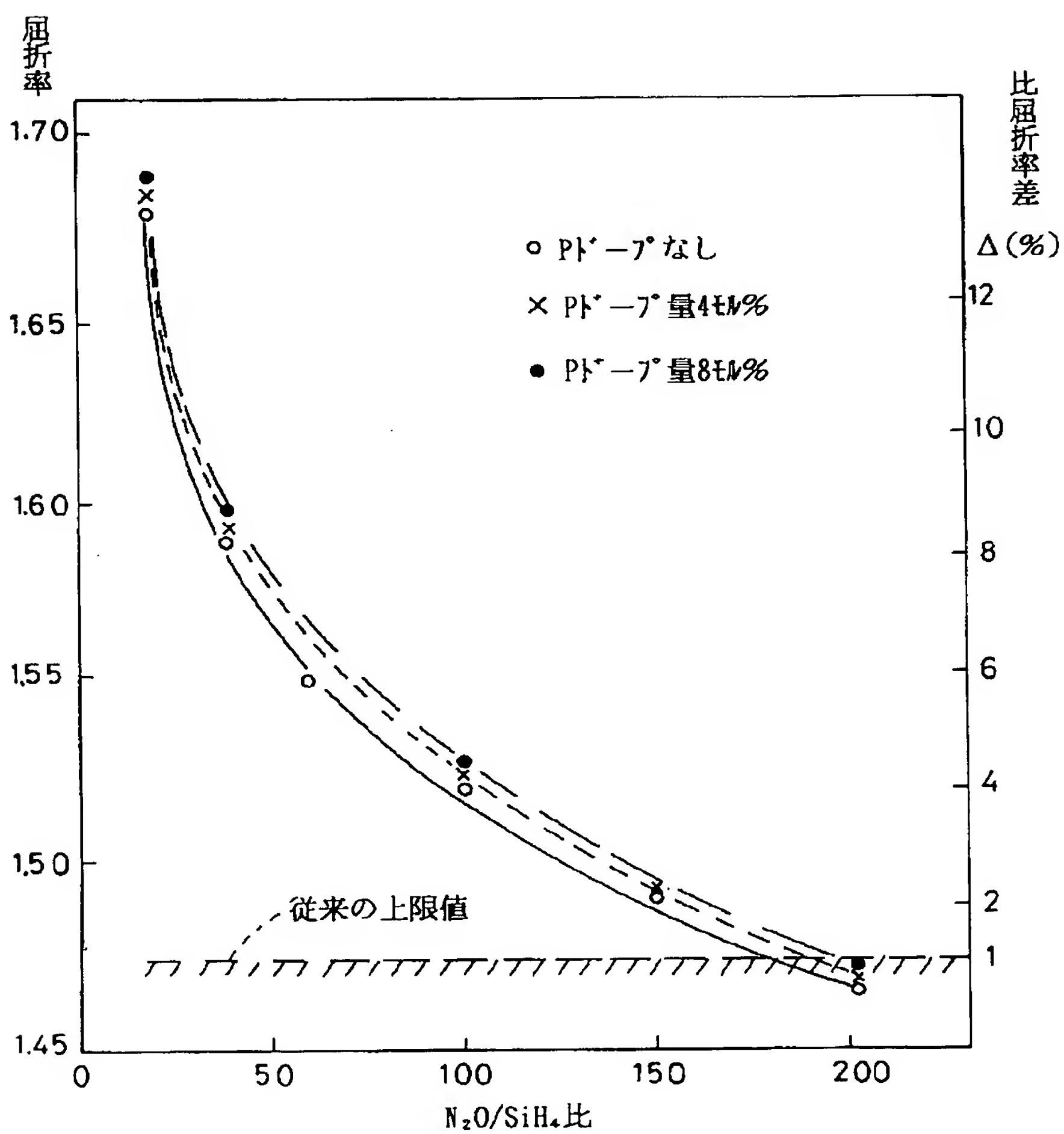




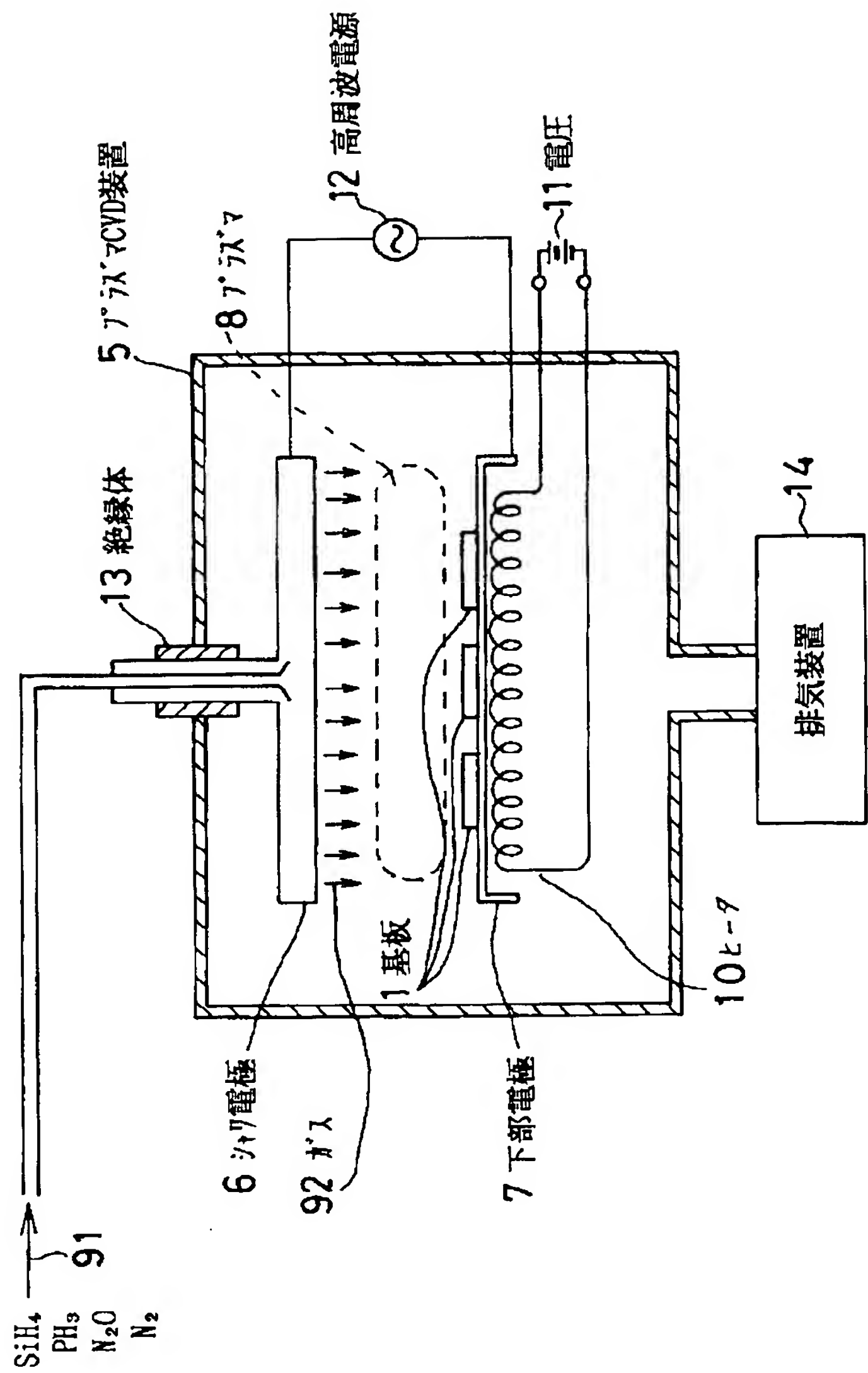
【図6】



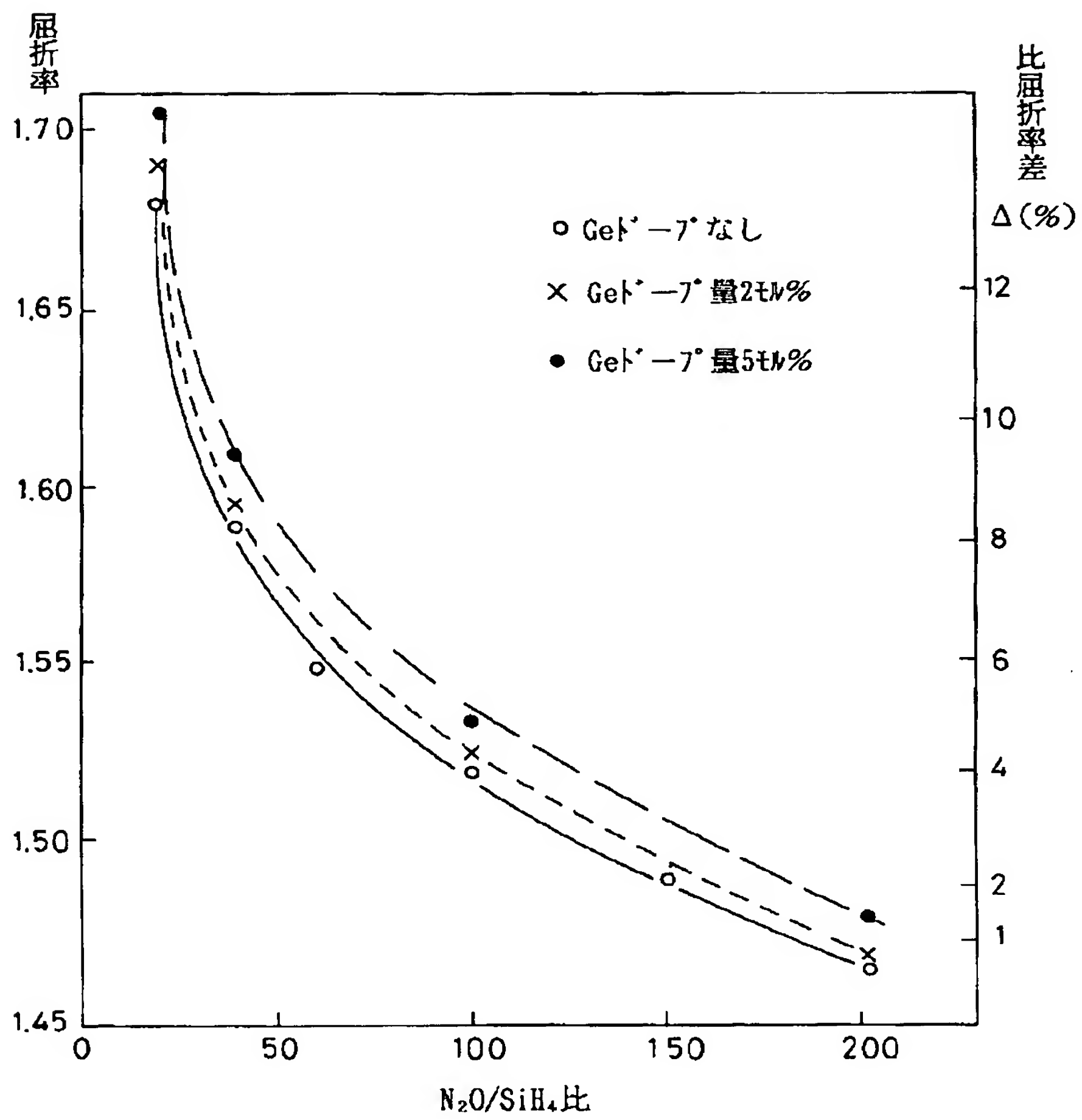
【図8】



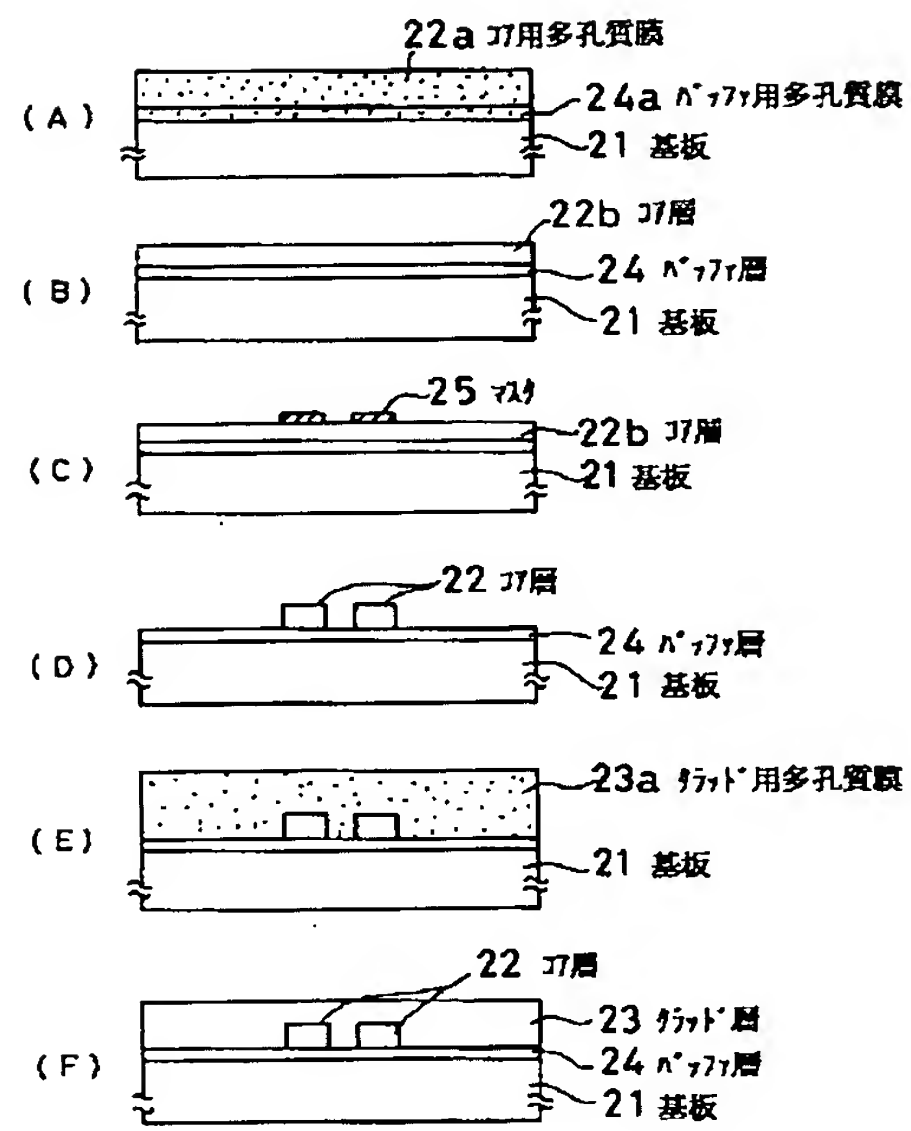
【図7】



【図9】

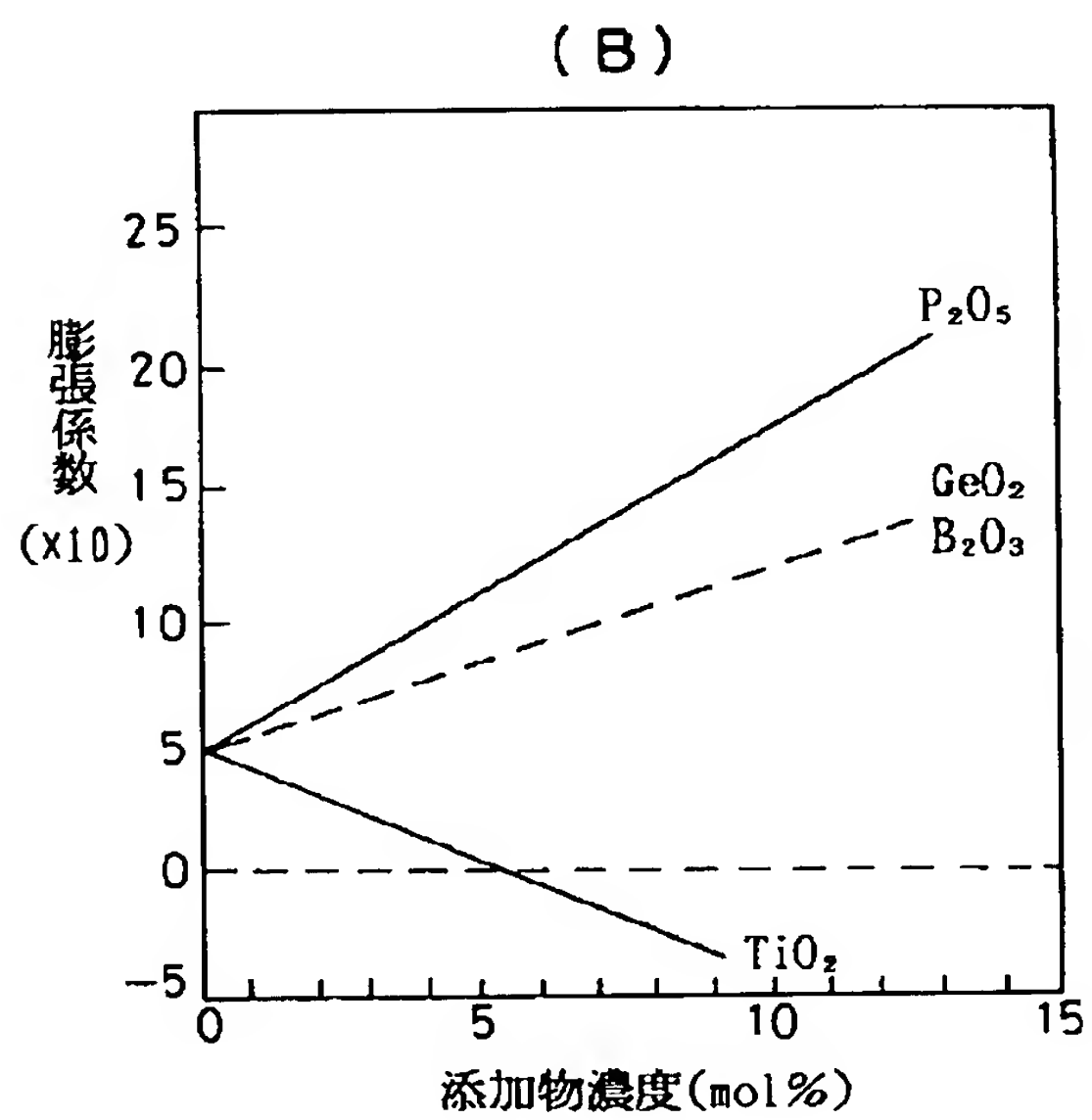
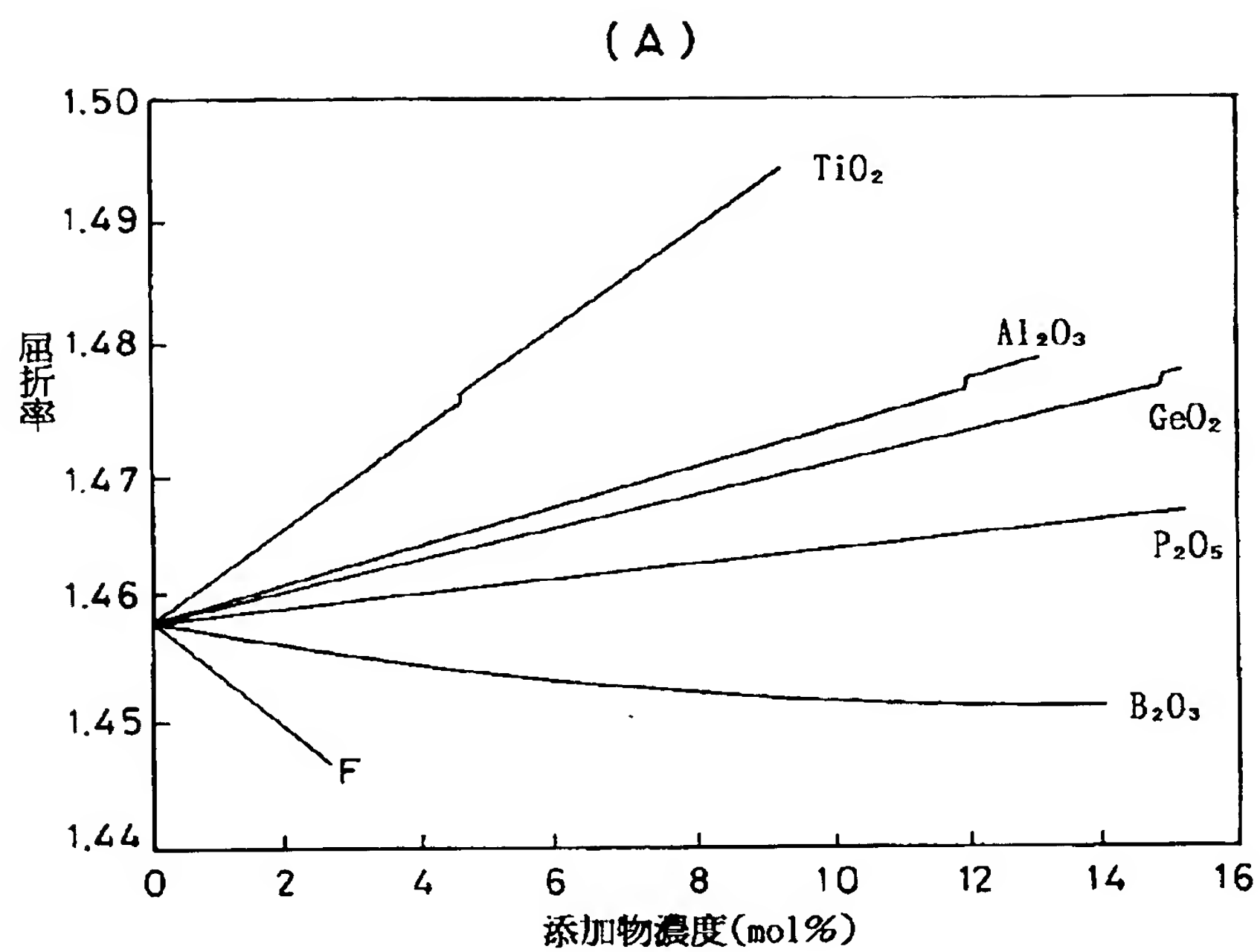


【図11】





【図12】



## 【手続補正書】

【提出日】平成 4 年 1 2 月 2 日

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 0

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0 0 4 0】（6）請求項 8 に記載の光導波路によれば、熱処理によってより透明で、緻密なコアにすることができ、結果的に低損失な光導波回路を実現することができる。

## 【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図面の簡単な説明

【補正方法】変更

## 【補正内容】

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例による基板に S i を使用しクラッドの屈折率が異なる光導波路断面図。

【図 2】本発明の実施例による基板にホウケイ酸ガラスを使用した光導波路断面図。

【図 3】本発明の実施例による基板に S i を使用しクラッドの屈折率及び材質が異なる光導波路断面図。

【図 4】本発明の実施例による基板に石英系ガラスを使用した光導波路断面図。

【図 5】本発明の実施例による基板にホウケイ酸ガラスを使用し、クラッドの屈折率及び材質が異なる光導波路断面図。

【図 6】本発明の実施例による基板に石英系ガラスを使用したリッジ形光導波路断面図。

【図 7】本発明のコア膜形成のためのプラズマ C V D 装置の実施例を示す概略図。

【図 8】本発明の実施例による P ドープのコア膜の屈折率特性図。

【図 9】本発明の実施例による G e ドープのコア膜の屈折率特性図。

【図 1 0】本発明の実施例による光導波路の製造方法を示す概略工程図。

【図 1 1】従来の光導波路の製造方法を示す概略工程図。

【図 1 2】従来の各種屈折率制御用添加物を含有した S i O<sub>2</sub> の屈折率特性図及び熱膨張係数特性図。

## 【符号の説明】

1 S i 基板

2 コア

3 クラッド

3 1 第 1 クラッド

3 2 第 2 クラッド